



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Janari Teessar

**PIKAAJALINE KLIIMADÜNAAMIKA JÄRVSELJA
MÕÕTEJAAMA ANDMETEL**
LONG-TERM CLIMATE DYNAMICS BASED ON DATA
FROM JÄRVSELJA FIELD STATION

Bakalaureusetöö
Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendajad: dotsent Ahto Kangur, *PhD*
nooremteadur Vivika Kängsepp, *MSc*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Janari Teessar		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Pikaajaline kliimadünaamika Järvelja mõõtejaama andmetel			
Lehekülgi: 42	Jooniseid: 8	Tabeleid: 0	Lisasid: 7
Õppetool: Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond Klimatoloogia ja CERC S-i kood: P510 Juhendajad: Ahto Kangur, Vivika Kängsepp Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2019			
<p>Kliima ja selle muutumine ajas on tänapäeval väga aktuaalne teema. On oluline, et teadustöös kasutatavad ilmastikuandmed oleksid võimalikult täpsed, usaldusväärsed, ja võimalikult pika aegreaga. Selleks, et ilmaandmete õigsuses veenduda on vaja teostada kontrolle ja võrrelda saadud andmeid võimalikult sarnaste ning asukoha suhtes lähedaste andmetega samal ajaperioodil.</p> <p>Töös kasutatud põhiandmestiku ilmaandmed on pärit Järvelja ilmavaatlusvihikutest ning võrdlusi on teostatud Keskkonnaagentuuri käest saadud Tõravere meteoroloogiajaama ilmaandmetega.</p> <p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on digitaliseerida ajaloolisi Järvelja ilmaandmeid perioodil 1955–1978 ning ühtlustada ja kontrollida andmeid perioodil 1955–2015. Digitaliseeritud andmestiku kontrollimiseks kasutati Järvelja ilmavaatluspunktile kõige lähedasemat pika mõõtmisreaga Riigi Ilmateenistuse vaatlusvõrku kuuluva Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama mõõtmisandmeid.</p> <p>Andmete kontrolli käigus selgusid andmestikus esinevad lüngad. Selgusid Järveljal puhunud tuule kiirused ja suunad kogu perioodi vältel. Ilmaandmete põhjal arvutati välja nii maksimaalsed kui ka minimaalsed õhutemperatuurid, samuti keskmine õhutemperatuur. Sademete summad kalendriaastate kaupa ning sademete maksimumid päevade, kuude kaupa.</p> <p>Analüüsitud andmetest selgus, et Järvelja piirkonnas on tõusvas trendis keskmine õhutemperatuur, maksimaalne õhutemperatuur ja minimaalne õhutemperatuur. Selle tulemusena pikeneb vegetatsiooniperiood nii kalendriaasta alguse kui lõpu arvelt.</p> <p>Töös kasutati arvutuste, jooniste, tabelite ja analüüside tegemiseks programme <i>MS Excel</i> ja <i>R</i>.</p>			
Märksõnad: kliima, ilmastik, temperatuur, Järvelja, ilmaandmed			



Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Janari Teessar		Speciality: Natural resource management	
Title: Long-term climate dynamics based on data from Järvelja field station			
Pages: 42	Figures: 8	Tables: 0	Appendixes: 7
Chair:	Forest Management Planning and Wood Processing Technologies		
Field of research and	Climatology		
(CERC S) code:	P510		
Supervisors:	Ahto Kangur, Vivika Kängsepp		
Place and date:	Tartu, 2019		
<p>In the modern world climate and it’s changing trends have become a very important subject to not only talk about, but to use climate data in predicting future climate behavior and change.</p> <p>It is important, that data, especially which is being used in scientific research, to be reliable, easily understandable and goes back as long as possible. To make sure scientific data is as reliable as possible, it needs to be checked for errors and misreading’s by comparing it to the nearest reliable and similar weather station data.</p> <p>Weather data used in this thesis originates from Järvelja and was historically stored in climate notebooks. Comparisons with Järvelja data were made with Tõravere field station data, that was given by Keskkonnaagentuur.</p> <p>The purpose of this bachelor thesis is to digitalize historical Järvelja weather observation point data from period of 1955 to 1978 and also to control, uniform and calculate monthly and yearly averaged values for all main measured weather variables from 1955 to 2015.</p> <p>To check that Järvelja data was reliable, a simple comparison was carried out with data from Tartu-Tõravere field station, that is being managed by Riigi Ilmateenistus.</p> <p>During the Control stage it became apparent how much data was missing and what errors were present. Results showed how strong and from where was the wind blowing, what were the maximum, minimum and average air temperatures. The yearly, monthly and daily precipitation sum.</p> <p>By observing the constructed graphs, it became apparent that by years passing the temperature raises and that makes the growing period last longer year by year.</p> <p>All the figures and tables in this thesis have been made with the programs <i>MS Excel</i> and <i>R</i>.</p>			
Keywords: Climate, weather, temperature, Järvelja, data			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. JÄRVSELJA AJALUGU	7
2. MATERJAL.....	8
3. METOODIKA	10
3.1. Andmete ettevalmistus.....	10
3.2. Andmete kontroll.....	11
3.3. Andmetikus esinevad lüngad	12
3.4. Tuule suund ja tugevus	12
3.5. Õhutemperatuurid.....	12
3.6. Sademed	13
3.7. Vegetatsiooniperiood.....	14
3.8. Tõraverse andmestik	14
4. TULEMUSED JA ARUTELU	15
4.1. Andmestiku kontrolli ülevaade	15
4.2. Tuule suund ja tugevus	17
4.3. Õhutemperatuurid.....	18
4.3.1 Keskmise õhutemperatuur	18
4.3.2 Õhutemperatuuri maksimumid.....	20
4.3.3 Õhutemperatuuri miinimumid.....	22
4.4. Sademed	24
4.5. Vegetatsiooniperiood.....	26
KOKKUVÕTE	29
KASUTATUD KIRJANDUS	31
LISAD	33
Lisa 1. Järvelja ilmavaatlusvihiku näidis	34
Lisa 2. Leppemärkide tähendused Järvelja ilmavaatlusvihikust	35
Lisa 3. Ilmavaatlusvihikutes esinevad tunnused lühikirjeldustega	36
Lisa 4. Beaufort'i skaala	37

Lisa 5. Ülevaatic arvutatud üldtabel	38
Lisa 6. 2001-2015. aastatel kasutatud mõõtesead	40
Lisa 7. Sademete kogumise anum	41

SISSEJUHATUS

Järvelja kliima, nagu kogu Eesti ja kogu maailma kliima, on kujunenud välja paljude tunnuste muutustel, mõjutustel ning väga pika aja vältel. Järveljal kogutud ilmaandmeid saab eelkõige kasutada piirkonnaga seotud õppe- ja teadustöös. Eelis Järvelja ilmaandmete kasutamisel on selle asukohaga seotud ilmastiku täpsem jälgimine võrreldes näiteks Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama ilmaandmetega. Mida lähemalt on uuritavale fenomenile pärit uurimistöös kasutatavad ilmastikuandmed, seda täpsemaid järeldusi suudavad teadlased teha ka näiteks puistu juurdekasvu mõjutavate tunnuste kohta.

Töös kasutatakse Järvelja ilmavaatlusvihikutesse üles märgitud tunnuseid ja nende väärtusi, mis on erinevate isikute poolt vihikutesse 61 aasta jooksul kirja pandud.

Käesoleva töö praktiliseks eesmärgiks oli Järvelja ajalooliste ilmaandmete digitaliseerimine, kontrollimine ning andmetest ülevaate tegemine. Töö tulemusena valmivat andmetabelit ning selle andmetabeli kõiki tunnuseid on võimalik kasutada ilmastiku mitmekülgselt analüüsimiseks.

Töö teiseks eesmärgiks oli analüüsida andmestikus esinevate tunnuste arväärtuste püsivust ja muutust ajas (perioodil 1955–2015). Lisaks võrreldi Järvelja ilmavaatluspunkti mõõdetud ilmastikunäitajaid Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama andmetega ning ka Eesti üldnäitajatega samal perioodil.

Antud töö autor soovib tänu avaldada oma juhendajatele, Vivika Kängsepale ja Ahto Kangurile juhendamise eest. Andres Kiviste R-i skriptide koostamisel pakutud abi eest. Keskkonnaagentuurile Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama ilmaandmete eest.

1. JÄRVSELJA AJALUGU

Eesti Maaülikooli Järvelja Õppe- ja Katsemetskond asub Tartumaal, Kastre vallas. 1883.–1897. aastani töötas Järvelja metsaülemana (försterina) Martin Maurach. 1888. aastal ehitati metskonna kontorihoone keskosa, mis jäi metsaülema käsutusse (Siim, Kangur 2013). Õppejõud Andres Mathiesen otsis 1920. aastal vastrajatud ülikooli metsaosakonnale praktikabaasi ning valituks osutusid Ahja jõe ja Peipsi vahel asuvad Kastre-Peravalla alad. Puistud olid seal mitmekesised ning hästi majandatud. Metsade majandamisega olid seal seni tegeleenud mõisnik Nikolai von Esseni ja metsaülem Martin Maurachi, kes mõlemad olid edumeelsed majandusmehed. Piirkonnas oli kaevatud üle 150 km kuivenduskraave ning istutatud ka mitmeid võõrpuuliike. 1921. aastal otsustas Eesti Vabariigi valitsus anda nüüdse Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna Tartu Ülikooli valitsemise alla. Seejärel rajati taimeaed ja hakati kasvatama ilupuid, ehitati kasvuhoone, lauatehas ning savitööstus. Õppejõud ja üliõpilased majutati 1912. aastal mõisaomaniku Alexander von Esseni jahikülaliste majutamiseks ehitatud jahilossi (Siim, Kangur 2013).

1924. aastast hakati Järveljal teostama ilmavaatlust (Kasesalu 2011). 1923. aastal asutati A. Mathieseni initsiatiivil ürgmetsa kvartalisse Eesti esimene metsanduslik kaitseala. 1930. aastatel hakati lisaks õppetööle tegelema katsetöödega ning senine õppemetskond nimetati ümber Õppe- ja Katsemetskonnaks (Järvelja õppe- ja katsemetskond). 1948. aastal hävis põlengu tõttu jahilossi hoone. Uue jahilossi ehitamist alustati 1978. aastal ja maja valmis kaks aastat hiljem (Siim, Kangur 2013). 1997. aastal asutas tollane Eesti Põllumajandusülikool sihtasutuse Järvelja Õppe- ja Katsemetskond. Sihtasutuse hallata on 10,6 tuhat hektarit maad, millest majandusmetsad moodustavad ligikaudu kolmandiku ning ülejäänud alal on kehtestatud looduskaitsepiirangud (Järvelja õppe- ja katsemetskond).

Tänapäeval osaleb igal suvel Järveljal õppepraktikal mitmekümneid üliõpilasi nii Eesti Maaülikoolist kui ka Tartu Ülikoolist, korraldatakse üritusi ja võetakse vastu erinevaid metsandushuvilisi Eestist ja välismaalt (Siim, Kangur 2013).

2. MATERJAL

Töös kasutatud mõõtmisandmed pärinevad Järvelja ilmavaatluspunkti vihikutest ja on digitaliseeritud käesoleva töö autori (aastad 1955–1978), Vivika Kängsepa (aastad 1979–2013) ja Ene Runteli (aastad 2014–2015) poolt. Ilmaandmeid hakati Järveljal kirja panema juba alates 7. veebruarist 1924, kuid kasutatud on vaid 1955–2015. aastate andmeid, sest varasemad andmed on käesoleva töö kirjutamise ajal digitaliseerimata ja 2016–2019. aastate andmed on salvestatud automaatjaama poolt ning nende analüüsimiseks on vaja välja töötada teistsugune meetodikat. Andmete digitaliseerimine on ajamahukas ja täpsust nõudev töö. Keskmiselt kulus iga töös käsitletud kalendriaasta digitaliseerimiseks ja digitaliseeritud andmete kontrollimiseks 15 töötundi.

Ilmavaatlusvihiku näidis on esitatud lisas 1. Nädiselt on näha mõõdetud tunnused (vihiku ülaosas suunaga vasakult paremale): baromeetri temperatuur; baromeetri näit; hetketemperatuurid kuiva ja märja termomeetriga; õhurõhk; õhutemperatuuri maksimumid; maksimumide kontrollid; õhutemperatuuri miinimumid ja miinimumide kontrollid. Vihiku keskosas (suunaga paremale) on näha tunnused: tuule suund; tuule kiirus; pilvede hulk ja nende kuju; ilmastikunähtused (kasutatud leppemärkide tähendused on toodu lisas 2); sademe; maapinna seisukord. Lehekülje allosas on kirjas märkmed ja atmosfääri nähtused (kasutatud leppemärkide tähendused on toodud lisas 2) (Järvelja ilmavaatlusvihik).

Järvelja ilmavaatluspunktis on ilmavaatlejaid olnud mitmeid. 1936.–1961. aastani vaatles ilma ja täitis ilmavaatlusvihikuid aednikuna töötanud August Margus, aastatel 1962–2000 Gunnar Ahas, kes töötas aastatel 1957–1982 Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) metsandusteaduskonna tehnikuna ning aastatel 1982–1992 Järvelja Õppe- ja Katsemetsamajandi peametsaülemana. Alates 2001. aastast kuni 2015. aastani tegi ilmavaatlustööd Järvelja raamatukoguhoidja Ene Runtel. Alates 2001. aastast mõõdeti temperatuure seadmega, mis on välja toodud lisas 6.

2015. aastal mõõdeti ilmastiku tunnuseid paralleelselt nii manuaalselt, kui digitaalselt. Alates 2016. aastast toimuvad ilmastikumõõtmised vaid digitaalselt. Vihikutesse kirjapandud mõõtmisandmete korral on iga kalendrikuu eraldi vihikus - aasta kohta 12 vihikut. Kuid on ka erandeid, mil näiteks kaks kalendrikuud on sisestatud ühte vihikusse.

Järvelja ilmavaatluspunktis toimusid ilmastiku tunnuste mõõtmised ja registreerimine kolm korda päevas, kellaaegadel 9:00, 15:00 ja 21:00. Vaadeldaval ajaperioodil (1955–2015) on ilmajaam kolinud esialgsest kohast Jahilossi aias mõnikümmend meetrit eemale Järvelja raamatukogu juurde ja ka mõõtmisseadmeid on aja jooksul vahetatud. Andmestikus olevad tunnused jaotuvad kaheks – vaadeldavad (on vaadeldud või hinnatud niinimetatud silma järgi) ja mõõdetavad (mõõdetud seadmega). Vaadeldavateks tunnusteks olid: pilvede kuju, pilvede hulk, atmosfääri nähtused, mõõtmiste vahel toimuvad nähtused. Mõõdetavateks tunnusteks olid: temperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, tuule suund, tuule kiirus, sademed ja maapinna seisukord (viimast võib liigitada ka vaadeldavate tunnuste hulka, kuid kuna lumekihi paksust mõõdetakse seadmega, siis liigitatakse see siinkohal mõõdetavate tunnuste hulka). Lisas 3 on esitatud kõigi tunnuste nimetused, lühikirjeldused koos ühikute ja vajadusel näidistega.

Andmestikus esines kõikide tunnuste puhul üksikuid puuduvaid väärtusi (näiteks puudusid hommikused või öhtused näidud). Samuti esines mõõtmis- ja sisestusvigu, mille kontrollimine ja korrigeerimine on välja toodud käesoleva töö metoodika peatükis.

Ka mõõtmismetoodika muutus erinevatel ajaperioodidel. Aastast 2001 ei mõõdetud enam erinevaid temperatuure, vaid hakati kasutama uut mõõtmisseadet ning vaatlusvihikusse kirjutati ainult hetketemperatuur (varasemalt mõõdeti ka perioodi maksimaalseid ja minimaalseid väärtusi). Õhuniiskuse andmed olid kirja pandud aastatel 1955–1969, kuid 1970. aastal olid andmed lünklikud. Pärast 1970. aastat õhuniiskust ei mõõdetud. Õhurõhu mõõtmised toimusid järjepidevalt perioodil 1955–1962, kuid aastatel 1963–2001 esines mõõtmistes lünki. Perioodil 2001–2004 pole mõõdetud tuule kiirust, pilvede hulka ega õhurõhku (varasemal ja hilisemal perioodil olid need tunnused mõõdetud).

3. METOODIKA

3.1. Andmete ettevalmistus

Andmetabelite korrigeerimiseks, ühtlustamiseks ja ühendamiseks ning graafikute koostamiseks ja andmete töötluks kasutati vabavaralist andmeanalüüsipaketti R (*R Core Team* 2019). Programm R töötab käsupõhiselt ja arvutuste tegemiseks kasutatakse erinevaid funktsioone koos etteantud parameetritega.

Käesolevas töös kasutatakse aastate 1955–2015 mõõtmis- ja vaatlusandmeid. Järvelja ilmaandmete vihikute mõõtmistulemused perioodil 1955–1978 sisestati töö autori poolt programmi *MS Excel*, mille litsents on Eesti Maaülikooli poolt üliõpilastele tasuta tagatud. Hilisemad andmed (1979–2015) olid eelnevalt juba digitaliseeritud ja säilitatud andmefaili kujul. Mõõtmisandmete (1955–1978) digitaliseerimisel sisestati kõikide kalendriaastate andmed eraldi failidesse.

Kuna erinevatel mõõtmisperioodidel polnud vaadeldud ja mõõdetud ilmanäitajad ühesugused, tuli enne andmestike kokkuliitmist andmetabeleid korrigeerida ja ühtlustada (näiteks erines andmetabelites tunnuste nimetused), et neid saaks R-is analüüsida. Sõnadega kirjapandud tunnused muudeti numbrilisteks (vastavalt lisas 2 toodud leppemärkidele). Ka muudeti sõnadega väljendatud tunnuse „tuule kiirus“ näitajad Beaufort'i skaala abil numbrilisteks (lisa 4) (Veeteede amet). Tekstiline tunnus „Kuu“ muudeti samuti numbriliseks.

Andmestikule tehti ka esmaste sisestusvigade kontroll ning vigade korrastamine kui see oli võimalik. Näiteks kustutati baromeetri näidu väärtused „1“ ja „68“, mis ei saa kindlasti olla korrektsed mõõtmistulemused. Baromeetri näidu väärtus „7641“ muudeti väärtuseks „764,1“, 2014. aasta andmestikus esinenud väärtus „465“ muudeti väärtuseks „765“. Viimase muudatus tugines Riigi ilmateenistuse poolt mõõdetud Eesti madalaim õhurõhk mõõtmisandmetele (702mm/Hg) (Riigi ilmateenistus).

Andmete digitaliseerimisel saadud andmestikule (1955–1978) liideti juurde 1979–2013. aastate andmed ning samuti 2014. ja 2015. aasta mõõtmisandmed. Kahe viimase aasta korral olid andmed seni säilitatud kalendrikuude kaupa eraldi failidena (2014. aasta 12 kuud ja 2015. aasta 11 kuud), esialgu liideti mõlema kalendriaasta kuude mõõtmisanded kokku ja seejärel lisati saadud failid suuremale andmetabelile, mille tulemusena pandi kokku lõplik analüüsitabel mis sisaldas andmeid aastatest 1955–2015.

3.2. Andmete kontroll

Lõplik analüüsitav andmetabel sisaldas 61 vaatlusaasta (1955–2015) ilmastikunäitajate mõõtmisandmeid. Andmestikule rakendati täiendavaid erinevaid kontrolle, et välja selgitada võimalikke leiduvaid vigu. Ilmastikutunnused jaotusid numbrilisteks ja mittenumbrilisteks. Numbriliste tunnuste korral kontrolliti, kas väärtused esinevad numbritena ja kas need on õiges vahemikus (nt tunnus „maapinna seisukord“ väärtused ühest kümneni).

Kontrolliti järgnevate tunnuste korrektsust: aasta, kuu, päev, kellaaeg, pilvede hulk, ilm vaatluste vaheajal, maapinna seisukord, tuule suund, tuule kiirus, sademed, temperatuurid, õhurõhk. Kontrollimiseks kasutati R programmi funktsioone: „aggregate(length)“, „aggregate(sum)“, „aggregate(unique)“, „table“, „hist“, „range“.

Andmete kontrollimisel vigu ei tuvastatud. Küll aga saadi teada, et perioodil 01.01.2002–31.07.2002 olid esitatud andmed vaid korra päevas (teistel perioodidel oli seda tehtud kolm korda päevas). Samuti tuvastati, et viimase mõõtmisaasta (2015) andmetest on puudu detsembrikuu andmed.

3.3. Andmetikus esinevad lüngad

Lünkade all mõistetakse andmetabeli lahtreid, kus väärtused puuduvad või on sisestatud küsimärgid. Puuduvatest väärtustest ülevaate saamiseks ja nende graafiliseks esitamiseks kasutati R-i lisapaketti „naniar“, mis on loodud Nicholas Tierney poolt ning on mõeldud just andmestikes esinevate lünkade (NA) kirjeldamiseks. Kasutati funktsiooni „gg_miss_fct()“, mis annab tulemuseks visuaalse graafiku koos lünkade osakaaludega (Tierney 2019).

3.4. Tuule suund ja tugevus

Tunnuseid tuule suund ja tugevus kasutati vaatlusperioodi (1955–2015) tuuleroosi koostamiseks ja esitamiseks. Tuuleroos on diagramm, millele on kantud tuule suunad ja kiirused kindlal ajavahemikul (nt kuu, aasta). Tuuleroosi tegemiseks kasutati õhuanalüüside R paketti „openair“, mis on loodud David Carslaw poolt (Carslaw ja Ropkins 2019).

Esmalt loodi uus tabel, kuhu koondati mõõtmiste kuupäevad koos mõõdetud tuule kiiruste ja suundadega.

Algselt olid tuule suunad tähistatud andmestikus tähtedega (näiteks NW, SE), mis aga muudeti funktsiooni „ifelse“ kasutades kraadideks. Tuule suunad olid andmestikus tähistatud 80 erineva tähisega, mis tuli ükshaaval muuta kraadideks. Kui suunad olid muudetud kraadideks rakendati paketi „openair“ käsku „windRose“.

3.5. Õhutemperatuurid

Keskmise õhutemperatuuri all mõistetakse kas ööpäevase või päevase hetketemperatuuride mõõtmiste keskmisi, mille tulemusena saadakse ööpäevased või päevased keskmised temperatuurid. Kuna Järvelja ilmastikuandmetes puudusid öised mõõtmised, siis on kõik arvutatud päevased keskmised temperatuurid. Võrdlusandmestikuna kasutatud Tõravere andmete korral on tegu ööpäevaste keskmistega, mistõttu tuleb kahe andmestiku võrdlemisel selle erinevusega arvestada (ootuspäraselt on Järvelja keskmine temperatuur kõrgem nii Tõravere kui ka Eesti keskmistest temperatuuridest). Keskmise õhutemperatuuri saamiseks

arvutati esmalt välja päevade, kuude ja aastate keskmised temperatuurid kasutades R funktsiooni „aggregate(mean)“.

Maksimaalsete õhutemperatuuride all mõistetakse kas ööpäevaseid, igakuiseid, aastaseid või perioodilisi maksimaalseid õhutemperatuure ning õhutemperatuuride miinimumide all vastavaid minimaalseid väärtusi. Käesolevas töös arvutati välja aastased maksimaalsed ja minimaalsed õhutemperatuurid. Kuna ööpäevaseid maksimaalseid ja minimaalseid õhutemperatuure mõõdeti vaid perioodil 1955–2000, siis hilisema perioodi (2001–2015) korral kasutati vastavate näitadena päeva õhutemperatuuri maksimaalseid ja minimaalseid hetketemperatuure.

Esmalt kasutati funktsioone „aggregate(max)“ ja „aggregate(min)“ leidmaks aastate kaupa (perioodil 1955–2000) ööpäevased maksimaalsed ja minimaalsed õhutemperatuurid. Järgnevalt kasutati funktsiooni „merge“, mille tulemusel saadi igal aastal esinevate maksimaalsete ja minimaalsete õhutemperatuuride esinemise kuud, päevad, kellaajad. Seejärel kasutati perioodi 2001–2015 andmeid ning funktsioonidega „aggregate(max)“ ja „aggregate(min)“ saadi hetketemperatuuride maksimumid ja miinimumid aastate kaupa. Tulemused liideti põhitabelile, misjärel saadi maksimaalsete ja minimaalsete temperatuuride esinemise kuupäevad ja kellajad. Seejärel liideti kahe erineva vaatlusperioodi (1955–2000 ja 2001–2015) andmestikud kokku.

3.6. Sademed

Sademetega analüüsimiseks arvutati R funktsiooni „aggregate(sum)“ abil välja sademete summad päevade, kuude ja aastate lõikes. Vaadeldava perioodi sademete summad esitati graafilisel kasutades R „ggplot2“ (Wickham jt 2019). Sademete kogumise seade on välja toodud lisas 7.

3.7. Vegetatsiooniperiood

Aktiivseks vegetatsiooniperioodi alguseks loetakse päeva, mil keskmine ööpäeva õhutemperatuur tõuseb püsivalt üle 5 °C ja lõpeb kui keskmine õhutemperatuur langeb alla 5 °C. Efektiivseks vegetatsiooniperioodi alguseks loetakse päeva, mil keskmine õhutemperatuur tõuseb püsivalt üle 10 °C ja lõpeb kui keskmine õhutemperatuur langeb alla 10 °C (Tarand jt 2013).

Käesolevas töös on välja arvatud aktiivse ja efektiivse vegetatsiooniperioodi algus- ja lõpukuupäevad aastate kaupa ning vegetatsiooniperioodi pikkused (päevades). Selleks kasutati juba varasemalt väljaarvatud päeva keskmiseid õhutemperatuure, kust valiti välja päevad, mil temperatuurid vastavad seatud tingimustele (vastavalt 5 °C ja 10 °C.) Seejärel arvutati välja päevade arv aasta algusest, esimese sobiva püsiva õhutemperatuurini. Seejärel arvutati samal meetodil vegetatsiooniperioodi lõpp. Kahe vaatus vahena leiti perioodide kestvused.

3.8. Tõraverre andmestik

Tõraverre andmestik on saadud Keskkonnaagentuurist ja sisaldas aastaid 1950-2015. Andmestiku sisuks olid: keskmine õhutemperatuur ööpäevas, maksimaalne õhutemperatuur ööpäevas, minimaalne õhutemperatuur ööpäevas ja sademete summad päevade kaupa.

Esmaseks tegevuseks oli võtta välja Järvselja andmestikuga kattuvad aastad, ehk eemaldati aastad 1950-1954 ning alles jäid aastad 1955-2015. Seejärel, kasutades programmi R, arvutati välja maksimaalsed temperatuurid aastas käsuga „aggregate(max)“. Minimaalsed temperatuurid aastas käsuga „aggregate(min)“. Keskmine õhutemperatuur aastate kaupa käsuga „aggregate(mean)“ ja sademete hulk aastas käsuga „aggregate(sum)“.

4. TULEMUSED JA ARUTELU

4.1. Andmestiku kontrolli ülevaade

Ülevaade andmetes esinenud lünkadest on esitatud joonisel 1, kus y-teljel on tunnuste nimetused koos ühikutega ja x-teljel on kalendriaastad (1955–2015). Roheline värv tähistab andmete olemasolu ja punane värv andmete puudumist. Jooniselt on näha, et püsivaid tunnuseid läbi kogu perioodi on kaks, milleks on tuule suund ja hetketemperatuur. Näha on ka periood (aastad 2001-2004), kus on puudulikud õhurõhk, õhuniiskus, tuule kiirus, pilvede hulk, maksimaalne ja minimaalne õhutemperatuur. Tuule kiirusel ja õhurõhul esineb puudusi peaaegu kogu perioodi vältel. Kõige pidevamalt ja täielikumalt esinevad kogu perioodi vältel tuule suund ja hetketemperatuur. Joonisel on toodud vaid need tunnuseid, mida on mõõdetud või hinnatud igal vaatlushetkel.

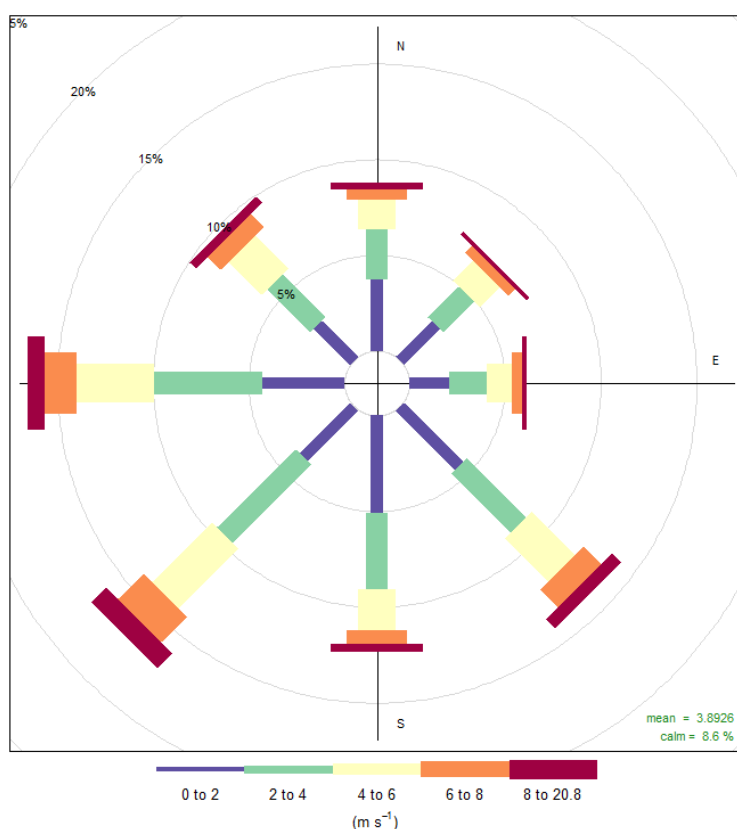


Joonis 1. Puuduolevate andmete osakaal (%) peamiste registreeritud tunnuste lõikes igal kalendriaastal.

4.2. Tuule suund ja tugevus

Kõige enim esinenud ja ka kõige tugevam tuul on puhunud lääne ja edela suunast, mis on näha ka esitatud tuuleroosil (joonis 2). Keskmiseks tuule kiiruseks on olnud 3,9 meetrit ning kõige suurimaks registreeritud tuule kiiruseks 20,8 meetrit sekundis, mis klassifitseeritakse vingeks tuuleks või tormiks. Tuule väärtuste vahemikud (Beaufort'i skaala) on toodud lisas 2, mille järgi iseloomustatakse tuule kiirust selle mõju järgi (Veeteede amet).

Perioodil 1966-2010 oli madalaimaks keskmiseks tuule kiiruseks Eestis 2,3 meetrit sekundis (Valga) ning tugevaimaks 6,2 meetrit sekundis (Vilsandi ja Sõrve) (Tarand jt 2013). Võrreldes seda Järvelja keskmise tuule kiirusega perioodil 1955-2015 milleks oli 3,9 meetrit sekundis on selge, et Järvelja keskmine tuule kiirus on keskmisest madalamate hulgas.



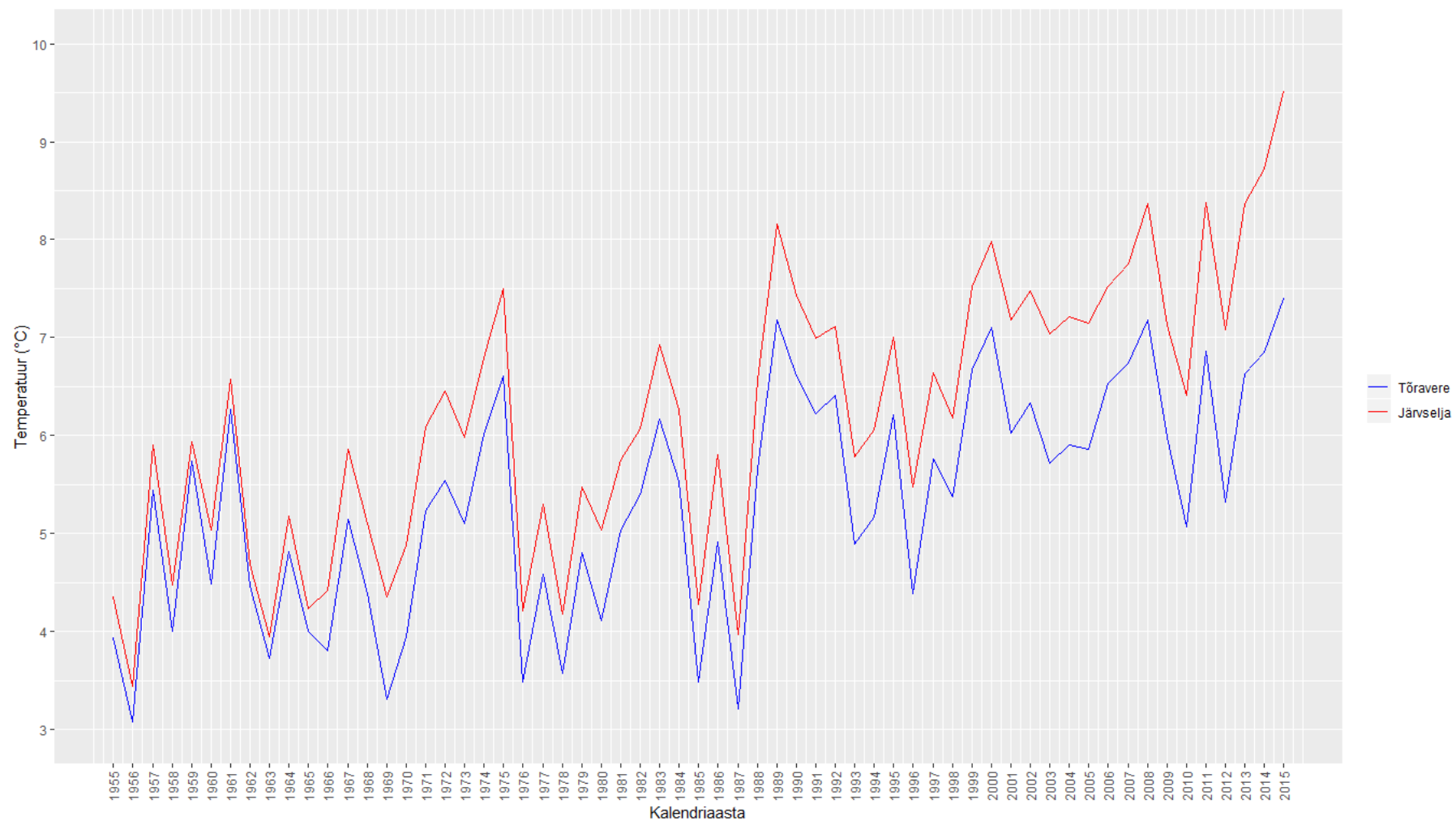
Joonis 2. Tuuleroos, tuule kiiruse ja suuna osakaal kogu perioodil (1955-2015).

4.3. Õhutemperatuurid

4.3.1 Keskmine õhutemperatuur

Keskmine õhutemperatuur Järveljal kogu perioodi ehk 61 aasta vältel oli 6,21 °C, kuid kui jätta välja 2015. aasta, millel puudusid detsembrikuu mõõtmised, siis on perioodi (1955–2014) keskmiseks õhutemperatuuriks 6,16 °C. Kõrgeim keskmine temperatuur oli 2014. aastal 8,7 °C. (2015. aasta jäeti arvestusest välja, kuna seal puudusid detsembrikuu mõõtmised). Järvelja kogu vaatlusperioodi viis kõige kõrgema keskmise õhutemperatuuriga kalendriaastat olid: 2015 (9,5 °C), 2014 (8,7 °C), 2008 (8,4 °C), 2011 (8,4 °C), 2013 (8,4 °C). Kõige madalam keskmine päevane õhutemperatuur oli aastal 1956, milleks oli 3,4 °C. Järvelja viis kõige madalama keskmise õhutemperatuuriga kalendriaastad olid: 1956 (3,4 °C), 1963 (4,0 °C), 1987 (4,0 °C), 1978 (4,2 °C), 1976 (4,2 °C). Joonisel 3 on toodud Järvelja ja Tõravere keskmiste aastatemperatuuride võrdlus. Jooniselt selgub, et keskmine õhutemperatuur on tõusnud nii Järveljal kui Tõraveres. Samas peab arvestama, et Järveljal on arvutatud päevane keskmine ja Tõraveres ööpäeva keskmine temperatuur, mistõttu on Järvelja temperatuur Tõravere omast selgelt kõrgem.

Eesti keskmiste õhutemperatuuridega võrreldes, mis jäävad perioodil (aastatel 1966–2010) vahemikku 4,6 °C (Väike-Maarja) kuni 6,8 °C (Vilsandi) on selge, et Järvelja (aastad 1955–2015) keskmine õhutemperatuur 6,16 °C jääb sellesse vahemikku ning on selgelt kõrgemate temperatuuride seas, olles kõige sarnasem Pärnu (6,1 °C) keskmise õhutemperatuuriga sellel perioodil (Tarand jt 2013).

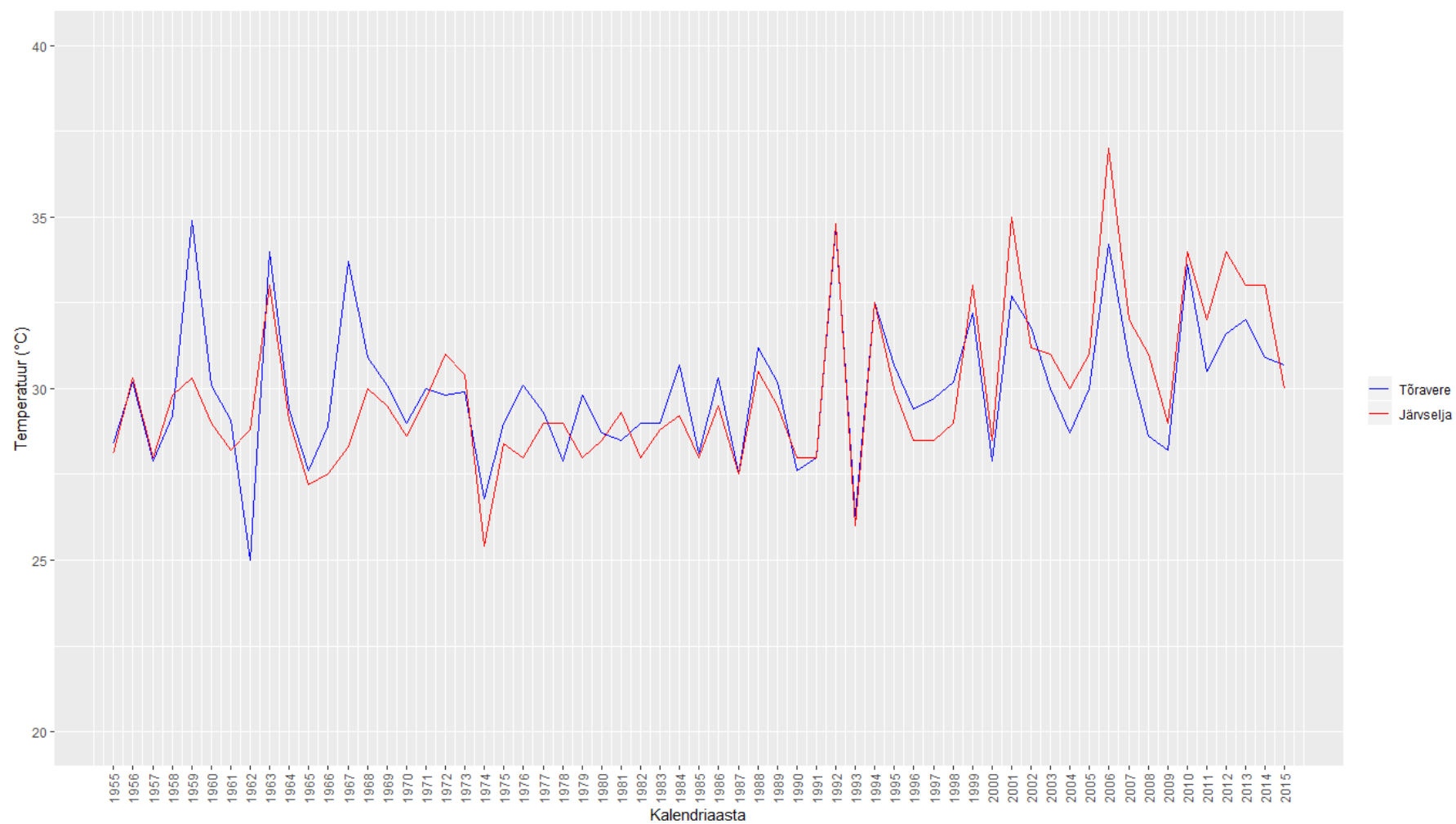


Joonis 3. Järvelja ja Tõravere keskmiste aastatemperatuuride võrdlus 1955-2015

4.3.2 Õhutemperatuuri maksimumid

Antud töös kasutatud aastate 1955–2015 absoluutse maksimaalse õhutemperatuuri maksimum oli aastal 2006, üheksandal juulil, mil vastav näitaja oli 37 °C. 2006. aastale järgnes 2001. aasta, mil mõõdeti 18. juulil maksimaalseks temperatuuriks 35 °C. Viis kõige kõrgema maksimaalset õhutemperatuuri esinemise kalendriaastat olid: 2006 (37,0 °C), 2001 (35,0 °C), 1992 (34,8 °C), 2010 (34,0 °C), 2012 (34,0 °C). Kõige madalama maksimaalse õhutemperatuuriga aasta oli 1974, mil kõrgeim õhutemperatuur küündis 23. juulil 25,4 °C. 1974. aastale järgnes 1993. aasta, kus kõrgeim õhutemperatuur oli 26 °C, mis esines nii 20. mail, kui ka 11. juulil. Järvelja kogu perioodi jooksul viis kõige madalama maksimaalse õhutemperatuuriga kalendriaastat olid: 2006 (25,4 °C), 2001 (26,0 °C), 1992 (27,2 °C), 2010 (27,5 °C), 2012 (34, 0 °C). Kogu perioodi, ehk 61 aasta vältel oli keskmine maksimaalne õhutemperatuur 30,1 °C.

Võrreldes Järvelja andmeid Tõravere andmetega, siis Tõravere maksimaalne õhutemperatuur samal perioodil oli 34,9 °C, mis mõõdeti 1959. aastal. Samal aastal oli Järvelja maksimaalseks temperatuuriks 30,3 °C. Tõravere minimaalseks maksimaalseks õhutemperatuuriks oli 1962. aastal 25 °C. Järveljal oli samal aastal selleks 28,8 °C.

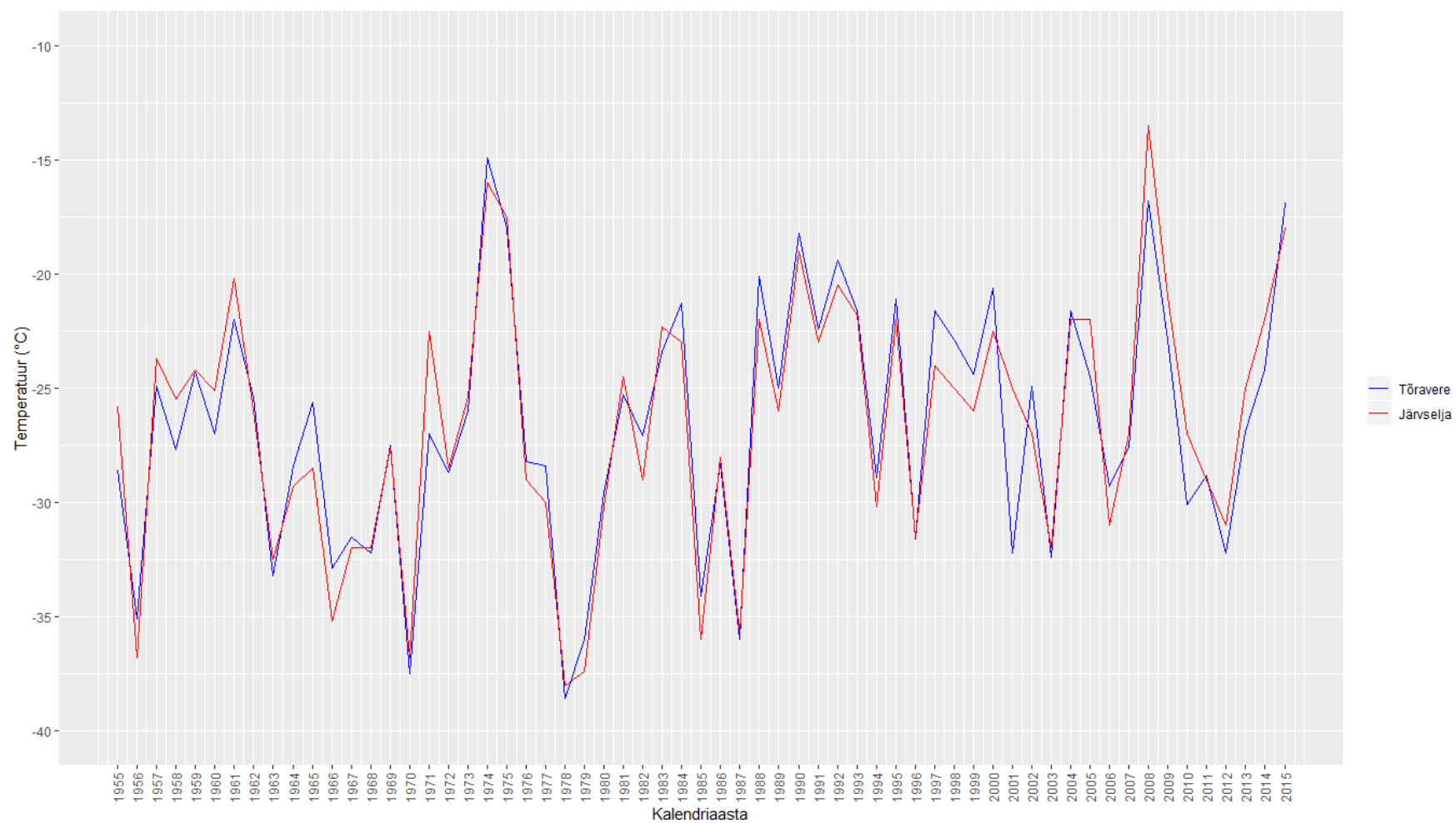


Joonis 4. Maksimaalne õhutemperatuur Tõraveres ja Järveljal kalendriaastate kaupa

4.3.3 Õhutemperatuuri miinimumid

Antud töös kasutatud kogu perioodi 1955–2015 õhutemperatuuri absoluutseks miinimumiks oli Järveljal -38 °C (31. detsembril 1978. aastal). Sellele järgnes 1979. aastal 1. jaanuar temperatuuriga $-37,4\text{ °C}$. Kogu perioodi viis madalaima õhutemperatuuriga kalendriaastat olid: 1978 ($-38,0\text{ °C}$), 1979 ($-37,4\text{ °C}$), 1956 ($-36,8\text{ °C}$), 1970 ($-36,8\text{ °C}$), 1985 ($36,0\text{ °C}$). Kõige kõrgemaks õhutemperatuuri miinimumiks oli 2008. aasta 4. jaanuar temperatuuriga $-13,5\text{ °C}$, sellele järgnes 1974. aasta 11. jaanuar temperatuuriga -16 °C .

Perioodi viis kõrgeimat madalaima õhutemperatuuriga kalendriaastat olid: 2008 ($-13,5\text{ °C}$), 1974 ($-16,0\text{ °C}$), 1975 ($-17,5\text{ °C}$), 2015 ($-18,0\text{ °C}$), 1990 ($-19,0\text{ °C}$). Joonisel 5 on toodud õhutemperatuuri miinimumid Tõraveres ja Järveljal kalendriaastate kaupa. Joonisel on selgelt näha Tõraveres ja Järvelja andmestike sarnasused, ka peale 2001. aastat, mil enam Järveljal ööpäevaseid miinimume ei mõõdetud ja on kasutatud päevaste hetketemperatuuride miinimume. Nii Järvelja kui ka Tõraveres aastane miinimumtemperatuur on aja jooksul tõusnud. Eesti absoluutsete miinimumtemperatuuridega võrreldes, mis jäävad aastatel 1966–2010 vahemikku $-24,1\text{ °C}$ (Sõrve) kuni $-42,6\text{ °C}$ (Narva) on Järvelja kogu perioodi (1955–2015) miinimumtemperatuur (-38 °C) nende vahemikus ning kuulub madalaimate temperatuuride hulka (Tarand jt 2013). Kõige lähedasem on Järvelja absoluutne miinimumtemperatuur (-38 °C) Tartule ($-38,6\text{ °C}$) (Tarand jt 2013). Mis kinnitab jällegi andmete õigsust ja kasutusvõimalikkust.



Joonis 5. Õhutemperatuuri miinimumid Tõraveres ja Järveljal kalendriaastate kaupa

4.4. Sademed

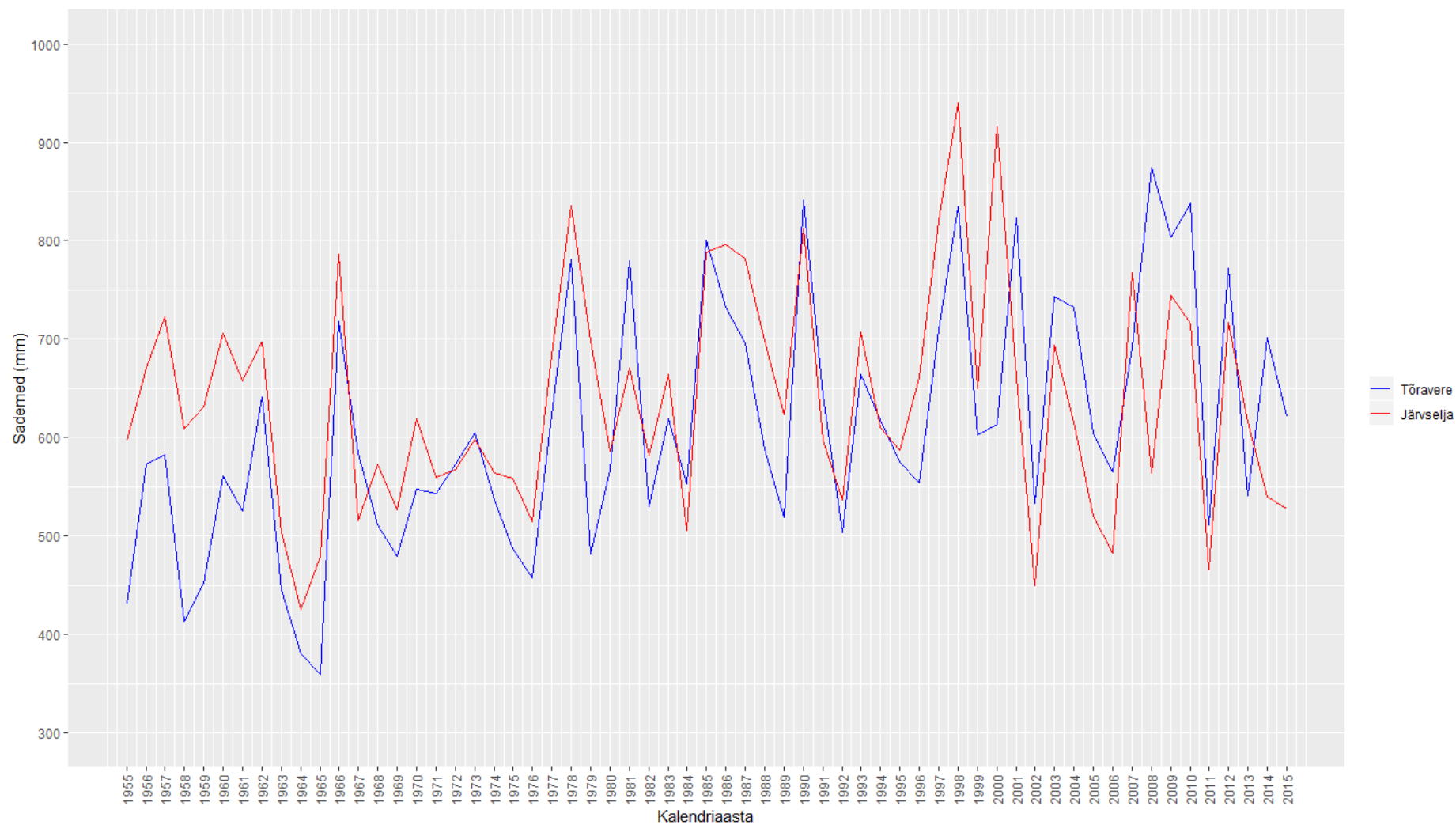
Kõige suurema sademete hulgaga aasta Järveljal kogu vaadeldava perioodi jooksul (1955–2015) oli 1998. aasta, mil sademete summa oli 939,9 mm, millele järgnes 2000. aastal sadanud 916,3 mm. Keskmiseks sademete hulgaks kogu perioodi kestel oli 638 millimeetrit.

Kõige madalama sademete hulgaga aasta oli 1964. aasta (425,8 mm), millele järgnes 2002 (449,5 mm). Kõige suuremate sademete hulgaga kalendrikuu oli augustikuu aastal 2000, mil sadas maha 288 mm sademeid. Sellele järgnes 1987. aasta augustikuu, mil sademete summa oli 267,5 mm.

Kõige madalama sademete hulgaga kalendrikuu kogu perioodi jooksul oli 1974. aasta aprillikuu, kus sadas vaid 1,2 mm sademeid. Kogu perioodi jooksul kõige suurema sademete hulgaga päev oli 1987. aasta 7. august, kus sadas maha 84 mm sademeid. Sellele järgnes 1987. aasta 29. august, kus sadas 73 mm sademeid. Tabelis 11. on välja toodud suurimate sademete hulgaga päevad kogu perioodi kestel.

Joonisel 6 on toodud Tõravere (sinine) ja Järvelja (punane) sademete aastased summad. Graafiku x-teljel on kalendriaastad (1955–2015) ja y-teljel sademete summad. Tõravere keskmine aasta sademete summaks oli 609,7 mm ja Järvelja vastavaks näitajaks 638 mm.

Võrreldes Eesti keskmiste sademete hulkadega (aastatel 1966–2010), milleks oli minimaalselt 568 mm (Kihnu) kuni 750 mm (Tahkus) võib Järvelja sademete hulka (638 mm) liigitada Eesti keskmiste näitajate hulka.



Joonis 6. Tõravere ja Järvelja aastaste sademete summade võrdlus.

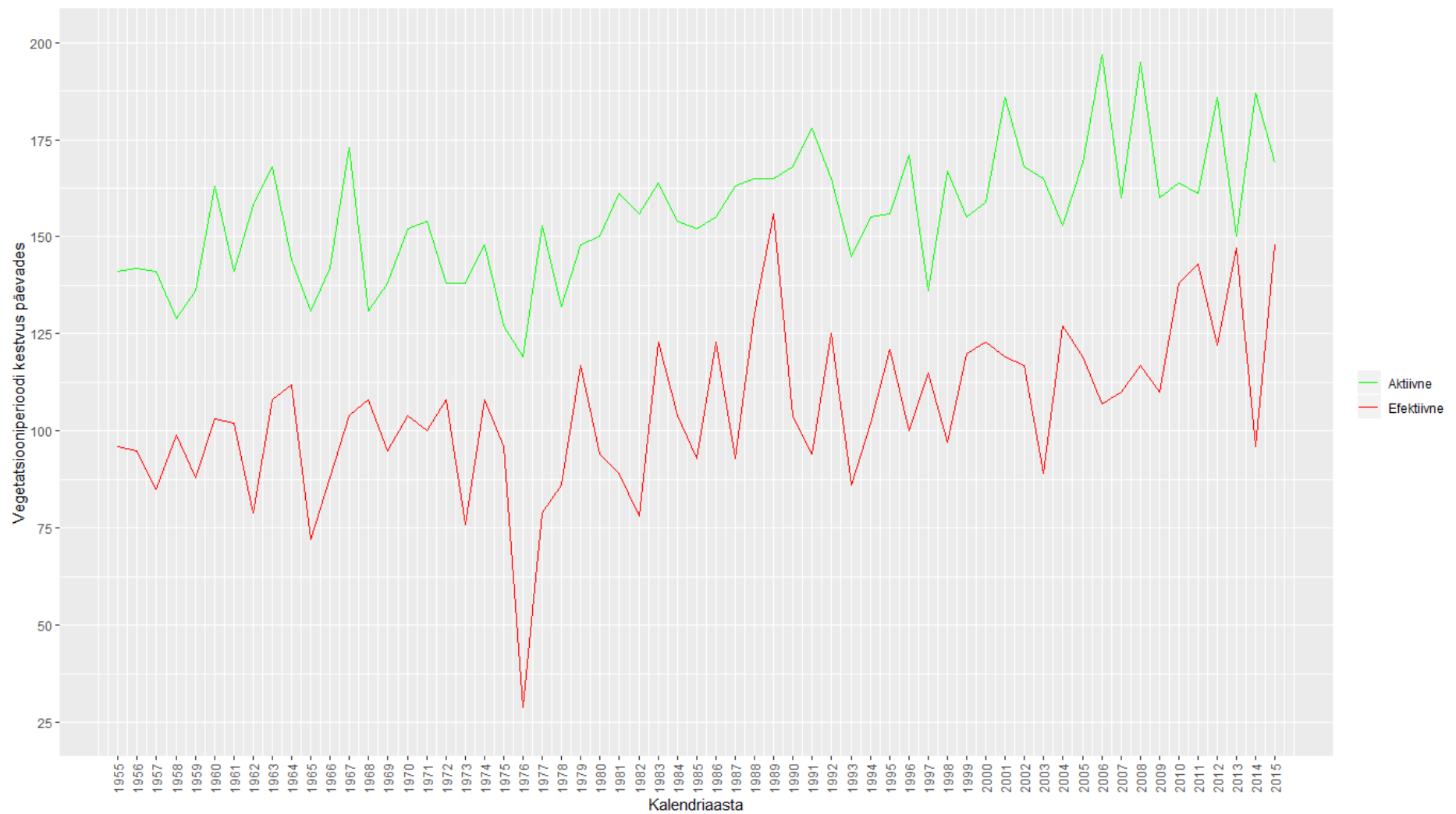
4.5. Vegetatsiooniperiood

Aktiivseks vegetatsiooniperioodiks loetakse ajaperioodi, mil keskmine õhutemperatuur on püsivalt kõrgem kui 5 °C ning efektiivseks kui õhutemperatuur on püsivalt kõrgem kui 10 °C (Tarand jt 2013). Kogu vaadeldud perioodi (1955–2015) vältel oli kõige pikema aktiivne vegetatsiooniperiood 2006. aastal, mil kasvuperioodi pikkuseks oli 197 päeva. Kõige pikemaks efektiivseks vegetatsiooniperioodiks oli 156 päeva ning see leidis aset 1989. aastal. Järveljal keskmiseks aktiivseks vegetatsiooniperioodi kestvuseks kogu perioodi (61 aasta vältel) oli 156 päeva ning efektiivsel vegetatsiooniperioodil 105 päeva.

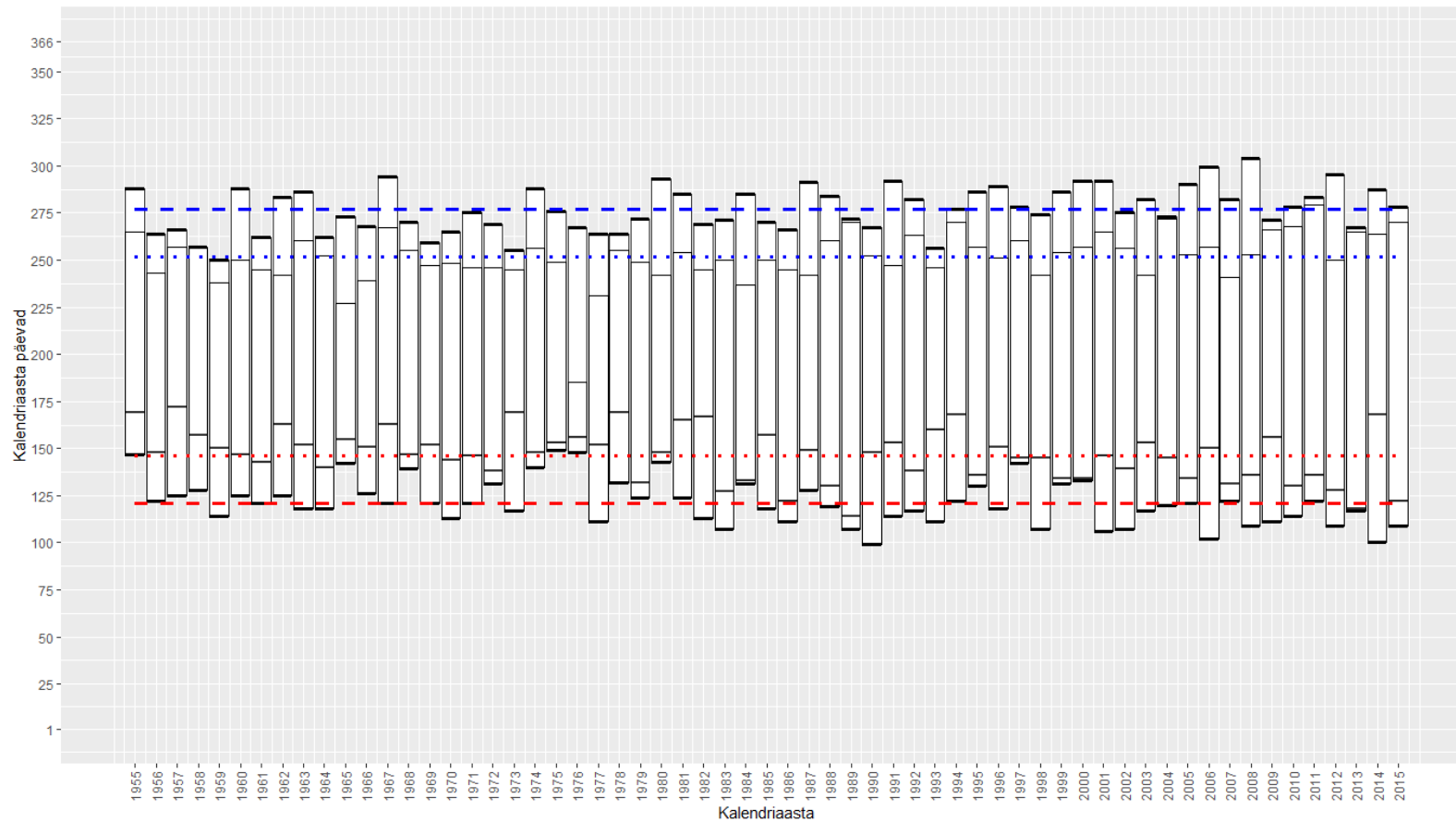
Kõige varasem aktiivne vegetatsiooniperiood algas 10. aprillil (99 päeva peale aasta algust), mis toimus 1990. aastal. Kõige varasem efektiivne vegetatsiooniperiood algas 25. aprillil (114 päeva aasta algusest) 1989. aastal. Keskmiselt kogu vaatlusperioodi vältel algas aktiivne vegetatsiooniperiood 121 päeval aasta algusest ja efektiivne 146 päeval arvestades aasta algusest.

Kõige hilisemalt lõppenud aktiivne vegetatsiooniperiood lõppes 31. oktoobril, 304 päeva aasta algusest ja toimus see aastal 2008. Kõige hilisemalt lõppenud efektiivne vegetatsiooniperiood lõppes 7. oktoobril, 279 päeva aasta algusest ja toimus see 2011. aastal. Keskmiselt kogu perioodi vältel lõppes aktiivne vegetatsiooniperiood 277 päeva peale aasta algust ja efektiivne 252 päeva peale aasta algust.

Joonisel 7. on välja toodud aktiivse vegetatsiooniperioodi ja efektiivse vegetatsiooniperioodi pikkused kogu perioodil (1955–2015) kalendriaastate kaupa. X-teljel on kalendriaastad ja y-teljel päevade arv. Roheline joon graafikul tähistab aktiivset vegetatsiooniperioodi ja punane joon efektiivset vegetatsiooniperioodi. Jooniselt on näha, kuidas arvestuslik vegetatsiooniperiood aastate vältel pikeneb. Joonisel 8. on välja toodud vegetatsiooniperioodide asetumine kalendriaastasse erinevate kalendriaastate kaupa kogu vaatlusperioodi (1955–2015) vältel.



Joonis 7. Järvelja aktiivse ja efektiivse vegetatsiooniperioodi pikkused aastatel 1955-2015.



Joonis 8. Aktiivse ja efektiivse vegetatsiooniperioodide algused ja lõpud kalendriaasta vältel.

X-telg tähistab kalendriaastat, y-telg tähistab kalendriaasta päeva. Tulpadel asetsevad peened mustad jooned on efektiivse vegetatsiooniperioodi algused ja lõpud ning tulpade kogupikkus tähistab aktiivse vegetatsiooniperioodi algust ja lõppu. Sinine katkendjoon tähistab aktiivse vegetatsiooniperioodi keskmist lõppu. Punane katkendjoon tähistab aktiivse vegetatsiooniperioodi keskmist algust. Sinine punktiirjoon tähistab efektiivse vegetatsiooniperioodi keskmist lõppu ja punane punktiirjoon tähistab efektiivse vegetatsiooniperioodi keskmist algust.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli digitaliseerida Järvelja ilmastikuseirepunktis mõõdetud ja vaatlusvihikutesse märgitud ilmaandmeid, need kontrollida, teostada esmane vigade analüüs ning välja arvutada peamiste vaatlustunnuste kuude ja aastate keskmised. Samuti oli töö eesmärgiks võrrelda temperatuuri ja sademete keskmiseid mõõtetulemusi Tõravere seirejaama ilmaandmetega. Digitaliseeritud andmeid on edaspidi võimalik kasutada erinevateks uurimis- ja teadustöödeks. Käesoleva töö raames digitaliseeris töö autor 24 seireaasta vaatlusandmed, teostas esmase sisestusvigade kontrolli ja ühtlustas andmestiku varasemalt sarnase metoodika alusel kogutud ja digitaliseeritud andmetega.

Tuule suuna ja kiiruse kohta saadi teada peamised näitajad. Järvelja valdavad tuule suunad on läänest ja edelast ning tuule maksimaalne ja keskmine kiirus kogu perioodil (1955–2015) oli 20,8 m/s. Tuule keskmiseks kiiruseks kogu vaatlusperioodil oli 3,9 m/s.

Sademete kohta arvutati iga kalendriaasta sademete summad, millest suurimate sademete summa oli 1998. aastal (939,9 mm). Kõige väiksema sademete summaga aasta oli 1964. aasta (425,8 mm). Keskmiseks sademete hulgaks kogu vaatlusperioodi vältel oli 638 mm.

Leiti ka temperatuuride maksimaalsed, minimaalsed ja keskmised näitajad. Usaldusväärseks kõrgeimaks keskmiseks temperatuuriks oli 2014. aastal 8,7 °C. Madalaimaks keskmiseks temperatuuriks oli 1956. aastal 3,4 °C. Vaatlusperioodi keskmiseks temperatuuriks oli 6,2 °C. Maksimaalseks temperatuuriks oli 2006. aastal 37,0 °C. Minimaalseks temperatuuriks oli 1978. aastal -38,0°C.

Mõõtmisandmete põhjal arvutati vegetatsiooniperioodi algused, lõpud ja leiti nende kestvused, seda nii aktiivse, kui ka efektiivse vegetatsiooniperioodi arvestuses. Aktiivse vegetatsiooniperioodi keskmine kestvus kogu perioodi jooksul oli 156 päeva, maksimaalne kestvus oli 197 päeva (aastal 2006) ja minimaalne 119 päeva (aastal 1976). Efektiivse vegetatsiooniperioodi keskmine kestvus kogu perioodi jooksul oli 105 päeva, maksimaalne kestvus oli 156 päeva (aastal 1989) ja minimaalne kestvus 29 päeva (aastal 1976).

Järvseja ja Tõravere ilmaandmetega võrdluses järeldus, et kahe piirkonna temperatuurid olid üpris sarnased.

KASUTATUD KIRJANDUS

Carslaw, D., Ropkins, K. (2019) Openair

<https://cran.r-project.org/web/packages/openair/index.html> (28.05.2019)

Ihaka, R., Gentleman, R. (2019) R Core Team

<https://www.r-project.org/> (28.05.2019)

Järvelja õppe- ja katsemetskond (s.a.) [veebileht]

<http://jarvelja.ee/sihtasutusest/ajalugu-2/> (28.05.2019)

Kasesalu, H. (2011) 90 aastat Järvelja õppe- ja katsemetskonda.

http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel1137_1118.html (28.05.2019)

Riigi ilmateenistus [veebileht]

<https://www.ilmateenistus.ee/kliima/rekordid> (28.05.2019)

Tierney, N. (2019) Naniar

<https://cran.r-project.org/web/packages/naniar/index.html> (28.05.2019)

Siim, K., Kangur, A. (2013). Järvelja pärandkultuuri radadel.

Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu

Veeteede Amet. (2009) Beaufort'i skaala

https://issuu.com/estonianrescueboard/docs/abiks_paadimehele/7 (28.05.2019)

Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K. (2019) ggplot2

<https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html> (28.05.2019)

Wickham, H., Grolemund, G., Constigan, I. Law, J., Mitarotonda, D., Larmarange, J., Boiser, J., Lee, C., Lyttle, I. (2018) Lubridate

<https://www.rdocumentation.org/packages/lubridate/versions/1.7.4> (28.05.2019)

Wickham, H. (2019) Dplyr

<https://dplyr.tidyverse.org/> (28.05.2019)

LISAD

Lisa 1. Järvelja ilmavaatlusvihiku näidis

Reede *17. Sept.* 190*4*

Baromeeter										Paahro	
Barom. temp.	Loetud		0° taandatud		Merepinale taandatud		Kuiv		loetud	parandatud	
	mm	mb	mm	mb	mm	mb	loetud	parandatud			
I <i>19.5</i>	<i>761.4</i>								<i>0.8</i>		
II <i>18.0</i>	<i>761.9</i>								<i>0.4</i>		
III <i>19.0</i>	<i>760.7</i>								<i>0.1</i>		
Summa	×									×	
Keskmine	×										

Tuul		Pilvitus		Pilved		Himalaar, kust pilved tulevad	Nähtavus km	Sademed mm
suund	kiirus m/s	koosuhulk	hõõgu	rohke	kuju			
I <i>W</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>10</i>					
II <i>W</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	<i>10</i>					
III <i>SW</i>	<i>2</i>	<i>0</i>						
Summa	×							
Keskmine	×							

M ä r k

Vaatleja: I _____

Nisk		Nisk		Nisk		Nisk		Nisk	
loetud	parandatud	Abs.	Rel.	Hügro-meeter	Niskuse vajak	Maksimum	Minimum	loetud	parandatud
<i>0.6</i>				<i>95</i>		<i>2.4</i>	<i>-0.2</i>		
<i>0.1</i>				<i>93</i>		<i>1.2</i>	<i>0.0</i>		
<i>0.2</i>				<i>93</i>		<i>1.4</i>	<i>-0.6</i>		
						<i>0.7</i>	<i>0.0</i>		
						<i>0.3</i>	<i>-0.3</i>		
						<i>0.7</i>	<i>-0.3</i>		

Minimum-temperatuur parandus III vaatluse järgi _____

Maaltermomeetrid		Maaltermomeetrid		Maaltermomeetrid		Maaltermomeetrid		Maaltermomeetrid	
loetud	parandatud	loetud	parandatud	loetud	parandatud	loetud	parandatud	loetud	parandatud
<i>40</i>									
<i>1</i>									
<i>1</i>									

7 9 10 13 16 19 20 21 22

II _____

Foto on tehtud töö autori poolt

Lisa 2. Leppemärkide tähendused Järvelja ilmavaatlusvihikust

Leppemärgid.

1 ●	vihm	22 ☐	jäide maapinnal
2 ∙	uduvihm	23 ∞	jäide
3 *	lumi	24 ≡	udu (nähtavus alla 1 km)
4 *	lumelõrts	25 ≡	märg udu (nähtavus alla 1 km)
5 ∙	hoogvihm	26 ≡	udu osaliselt nähtava taevaga (nähtavus alla 1 km, kõrgus üle 2 m)
6 *	hooglumi	27 ≡	madal udu (kõrgus alla 2 m)
7 ∙	lumelõrtsi hood	28 =	udusomp (nähtavus 1—2 km)
8 ✕	lumekruubid	29 ∞	põuasomp (nähtavus üle 2 km)
9 △	jääkruubid	30 ∅	puhas õhk
10 △	jäävihm	31 ≡	kõva tuul (tuule kiirus 10 või enam m/sek. või tugevus 6 või 7 palli)
11 △	teralumi	32 ≡	torm (tuulekiirus 15 või enam m/sek. või tugevus 8 või enam palli)
12 ▲	rahe	33 ☼	tuulispea (tolmupööris)
13 →	jäänõelad	34 ☼	lähedane äike
14 ✕	tuisk oletatava lumesajuga (nähtavus alla 1 km)	35 (☼)	kauge äike
15 ✕	tuisk (nähtavus alla 1 km)	36 <	päik
16 ✕	pinnatuisk (vihistus)	37 ☼	virmalised
17 ✕	lumikate	38 ⊕	päikese rõngas
18 ∇	härm (lumise struktuuriga)	39 ☾	kuu rõngas
19 ∇	härm (jäise struktuuriga)	40 ⊙	päikesetara
20 ☾	kaste	41 ☾	kuutara
21 ⊔	hall	42 ☾	vikerkaar
		43 ✕	õhupeegeldus

n — III ja I vaatluse vaheajal
a — I ja II vaatluse vaheajal
p — II ja III vaatluse vaheajal

I — I vaatlusajal
II — II vaatlusajal
III — III vaatlusajal

Nähtuste tugevus.

° — nõrk, ¹ — keskmine, ² — tugev.

Foto on tehtud töö autori poolt

Lisa 3. Ilmavaatlusvihikutes esinevad tunnused lühikirjeldustega

Tähis	Tunnus	Lühikirjeldus	Tunnuse tüüp
Aasta	Kalendriaasta	Mõõtmise aasta	Numbriline (periood 1955–2015)
Kuu	Kalendrikuu	Mõõtmise kuu	Numbriline (1–12)
Päev	Kalendripäev	Mõõtmise päev	Numbriline (1–31)
Kellaaeg	Kellaaeg	Kellaaeg, millal mõõtmisi teostati.	Numbriline (9,15,21)
Pilved_hulk	Pilvede hulk	Taeva katvus pilvedega	Numbriline (1–10)
Pilved_kuju	Pilvede kuju	Pilvede kujude ladinakeelsed lühendid	Tekst
Ilm_vaatluste_vaheajal_1	Ilm vaatluste vaheajal (1-3)	Ilmastiku nähtused, mis vaheajal toimusid ja nende tugevused.	Märgiline, mis on digitaliseerimise käigus numbriliseks kodeeritud (1-44).
Maap_seisukord_1	Maapinna seisukord (1-6)	Kas maapind oli paljas, või see oli kaetud.	Numbriline (1–10)
Atmosf_nähtused_1	Atmosfääri nähtused (1-3)	Nähtused, mis toimusid mõõtmise vaheajal.	Numbriline (1–44)
Suund	Tuule suund	Ilmakaar kustpoolt tuul mõõtmise ajal puhus.	Tekst (ilmakaar), andmesikus konverteeriti numbriliseks (asimuut 0-360)
Kiirus1	Tuule kiirus (1-2)	Tuule kiirus või tuule kiiruse vahemik	Numbriline (m/s)
Sademed	Sademed	Sademetes hulk millimeetrites	Numbriline (mm)
Termomeeter_kuiv	Kuiv hetketermomeeter	Hetketemperatuur mõõtmise ajal	Numbriline (°C)
Min_nõel	Ööpäevane miinimumtermomeeter	Maksimaalne temperatuur	Numbriline (°C)
Max_pärast_mahalööm	Ööpäevane maksimumtermomeeter	Minimaalne temperatuur	Numbriline (°C)
Barom_mm	Õhurõhk	Hetkeline õhurõhk (mõõteseade asus siseruumis)	Numbriline (mm/Hg)
Hügromeeter	Õhuniiskus	Hetkeline õhuniiskus (mõõdeti vähestel aastatel)	Numbriline (%)

Lisa 4. Beaufort'i skaala

Tuule tugevus pallides	Tuule nimetus	Tuule kiirus		Lainetus pallides	Tuule toime
		m/s	sõlme		
0	Tuuletus	0...0,2	Alla 1	0	Tuult ei ole tunda, lipp ripub liikumatult, suitsu tõuseb otse, lehed puudel ei liigu
1	Vaikne tuul	0,3...1,5	1...3	1	On tunda kerget tuult, suits kaldub püstjoonest kõrvale, puulehed liiguvad
2	Kerge tuul	1,6...3,3	4...6	2	On tunda pidevat tuult, lipp lehvib kergelt
3	Nõrk tuul	3,4...5,4	7...10	2	Lipp lehvib, suits kaldub tuule suunas, liiguvad puude nõrgemad oksad
4	Mõõdukas tuul	5,5...7,9	11...16	3	Lipp tõmbub tuules sirgu, tuul vilistab nõrgalt taglases, puuoksad liiguvad
5	Värske tuul	8,0...10,7	17...21	4	Suured lipud lehvivad, puude tugevamad oksad liiguvad, tuul vilistab kõrvus
6	Tugev tuul	10,8...13,8	22...27	5	Traadid undavad tuules
7	Vali tuul	13,9...17,1	28...33	6	On kuulda tuule vilistamist kogu taglases, vastutuult minna on raske, nõrgemad puud painduvad
8	Vinge tuul	17,2...20,7	34...40	7	Vastutuult liikumine on raske, tugevad puud painduvad, nõrgemad oksad murduvad
9	Torm	20,8...24,4	41...47	7	Tuul liigutab kohalt erinevaid esemeid, võivad esineda kerged purustused
10	Tugev torm	24,5...28,4	48...55	8	Taglas võib puruneda, nõrgemad puud kistakse juurtega välja
11	Maru	28,5...32,6	56...63	9	Suured purustused rannikul, võimalikud erinevad purustused laeval
12	Raju	>32,7	>64	9	Võimalikud laastavad purustused

Lisa 5. Ülevaatlük arvutatud üldtabel

Kalendriaasta	t _k (°C)	t _{min} (°C)	t _{max} (°C)	S _{sum} (mm)	V _{akt} (päeva)	V _{efe} (päeva)
1955	4,4	-25,8	28,1	596,7	141	96
1956	3,4	-36,8	30,3	670,8	142	95
1957	5,9	-23,7	28	722,8	141	85
1958	4,5	-25,5	29,8	608,8	129	99
1959	5,9	-24,2	30,3	631,1	136	88
1960	5	-25,1	29	705,7	163	103
1961	6,6	-20,2	28,2	657,6	141	102
1962	4,7	-26	28,8	697,4	158	79
1963	3,9	-32,5	33	504,1	168	108
1964	5,2	-29,3	29,1	425,8	144	112
1965	4,2	-28,5	27,2	479,2	131	72
1966	4,4	-35,2	27,5	785,7	142	88
1967	5,9	-32	28,3	515,5	173	104
1968	5,1	-32	30	573	131	108
1969	4,4	-27,6	29,5	526,2	138	95
1970	4,9	-36,8	28,6	619,2	152	104
1971	6,1	-22,5	29,7	560,2	154	100
1972	6,5	-28,5	31	567,8	138	108
1973	6	-25,4	30,4	598,1	138	76
1974	6,8	-16	25,4	564,2	148	108
1975	7,5	-17,5	28,4	558,1	127	96
1976	4,2	-29	28	514,9	119	29
1977	5,3	-30	29	684,3	153	79
1978	4,2	-38	29	836,2	132	86
1979	5,5	-37,4	28	698,8	148	117
1980	5	-30,2	28,5	585,7	150	94
1981	5,7	-24,5	29,3	671,1	161	89
1982	6,1	-29	28	581,7	156	78
1983	6,9	-22,3	28,8	664	164	123
1984	6,3	-23	29,2	506,2	154	104
1985	4,3	-36	28	788,7	152	93
1986	5,8	-28	29,5	796,6	155	123
1987	4	-35,7	27,5	782,1	163	93
1988	6,6	-22	30,5	698,7	165	130
1989	8,2	-26	29,5	623,4	165	156
1990	7,4	-19	28	812,3	168	104
1991	7	-23	28	597,6	178	94
1992	7,1	-20,5	34,8	536,4	165	125
1993	5,8	-21,8	26	706,9	145	86
1994	6,1	-30,2	32,5	610,8	155	102
1995	7	-22	30	586,9	156	121
1996	5,5	-31,5	28,5	661,2	171	100
1997	6,6	-24	28,5	819,9	136	115
1998	6,2	-25	29	939,9	167	97
1999	7,5	-26	33	649,7	155	120
2000	8	-22,5	28,5	916,3	159	123

2001	7,2	-25	35	660,85	186	119
2002	7,5	-27	31,2	449,5	168	117
2003	7	-32	31	693,6	165	89
2004	7,2	-22	30	615,8	153	127
2005	7,1	-22	31	519,9	169	119
2006	7,5	-31	37	482,8	197	107
2007	7,8	-27	32	767,4	160	110
2008	8,4	-13,5	31	564,6	195	117
2009	7,1	-21	29	745	160	110
2010	6,4	-27	34	716,4	164	138
2011	8,4	-29	32	466,2	161	143
2012	7,1	-31	34	716,5	186	122
2013	8,4	-25	33	615,5	150	147
2014	8,7	-22	33	539,7	187	96
2015	9,5	-18	30	528,2	169	148

t_k – keskmine õhutemperatuur; t_{\min} – absoluutne minimaalne õhutemperatuur;

t_{\max} – absoluutne maksimaalne õhutemperatuur; s_{sum} - sademete summa; v_{akt} – aktiivse vegetatsiooniperioodi pikkus; v_{efe} – efektiivse vegetatsiooniperioodi pikku

Lisa 6. 2001-2015. aastatel kasutatud mõõtesead

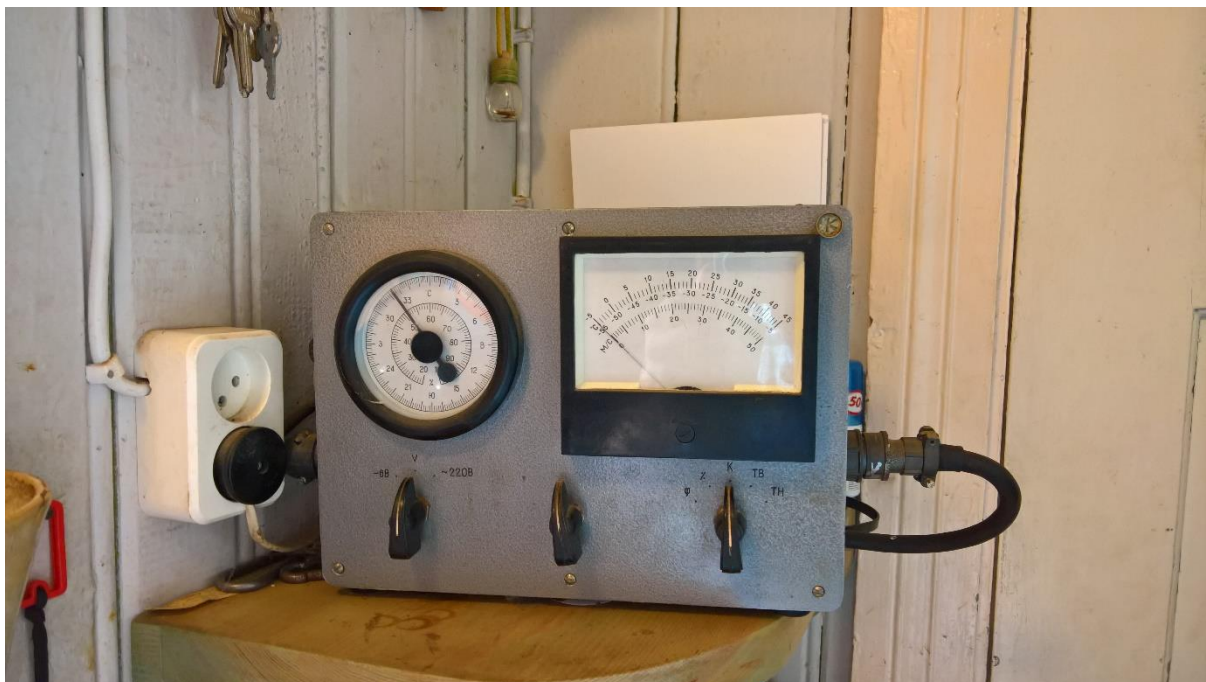


Foto on tehtud töö autori poolt

Lisa 7. Sademete kogumise anum



Foto on tehtud töö autori poolt

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning
juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Janari Teessar,

(24/11/1992 39211245213)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Pikaajaline kliimadünaamika Järvselja mõõtejaama andmetel,
mille juhendajad on Ahto Kangur ja
Vivika Kängsepp.

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 30.05.2019

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)